



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-78084

(P2000-78084A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 4 B 10/08		H 0 4 B 9/00	K 5 K 0 0 2
H 0 4 J 14/00			E
14/02			B
H 0 4 B 10/00			

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-245594

(22) 出願日 平成10年8月31日 (1998.8.31)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(71) 出願人 000001214

ケイディディ株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72) 発明者 水落 隆司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 10005/874

弁理士 曾我 道照 (外6名)

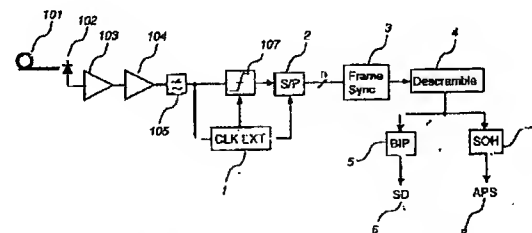
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光信号品質監視装置

(57) 【要約】

【課題】 高コスト化、回路規模及び消費電力の増大を招くことなく、簡便であって、効率的かつ高精度に光信号の品質を監視する光信号品質監視装置を得る。

【解決手段】 監視信号光をSDHフレームで構成し、SOHのBIPバイトの誤りを検出する。また、監視信号光のビットレートは主信号光よりも十分低くするが、監視信号光を受信する監視信号光受信装置の受信電気帯域幅は主信号光受信装置の帯域幅と同じかまたはそれよりも広くする。



- |               |                |
|---------------|----------------|
| 1 : クロック抽出回路  | 102 : フォトダイオード |
| 2 : 直並列変換回路   | 103 : プリアンプ    |
| 3 : フレーム同期回路  | 104 : ポストアンプ   |
| 4 : デスクランブル回路 | 105 : 等化フィルタ   |
| 5 : BIP誤り検出回路 | 107 : 識別器      |
| 7 : SOH終端回路   |                |

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光通信システム上を伝送する主信号光を受信する主信号光受信手段に対し、当該光通信システムの伝送路品質を監視するための監視信号光を送信する監視信号光送信手段と、上記光通信システムを介して伝送された上記監視信号光を受信して上記伝送路の品質を監視する監視信号光受信手段とを備えた光信号品質監視装置において、上記監視信号光のビットレートを上記主信号光のビットレートよりも低くすると共に、上記監視信号光受信手段として、上記光通信システムを介して伝送される信号を受信しその受信信号から監視信号光を識別再生するための受信識別手段と、上記主信号光受信手段の電気帯域幅より狭い電気帯域幅を有し、上記受信識別手段により識別再生される監視信号光に基づいて誤り検出する誤り検出手段とを備えたことを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項2】 請求項1に記載の光信号品質監視装置において、上記受信識別手段は、上記主信号光受信手段の電気帯域幅とほぼ同じ電気帯域幅を有することを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項3】 請求項1に記載の光信号品質監視装置において、上記受信識別手段は、上記主信号光受信手段の電気帯域幅より広い電気帯域幅を有することを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかに記載の光信号品質監視装置において、上記受信識別手段は、監視信号光を識別する識別閾値が最適閾値からずらして設定されることを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の光信号品質監視装置において、上記監視信号光受信手段と並列に、監視信号光のビットレートと同等かそれ以下の電気帯域幅を有する他の監視信号光受信手段を備えたことを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれかに記載の光信号品質監視装置において、上記光通信システムは、異なる波長の複数の主信号光を増幅する光増幅器を多段中継してなる波長多重システムであって、上記監視信号光受信手段は、受信端に上記波長多重システムにおける光増幅器の利得に応じて通過帯域が設定されるバンドパスフィルタを備えたことを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項7】 請求項6に記載の光信号品質監視装置において、上記バンドパスフィルタは、その通過帯域が上記波長多重システムにおける光増幅器の利得最低波長に設定されることを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項8】 請求項6に記載の光信号品質監視装置において、上記バンドパスフィルタは、その通過帯域が上記波長多重システムにおける光増幅器の利得ピーク波長に設定されることを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項9】 請求項6ないし8のいずれかに記載の光

信号品質監視装置において、上記監視信号光送信手段に、上記監視信号光の波長を、隣り合う主信号光の波長の間を離散的に掃引する掃引手段を備えたことを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項10】 請求項9に記載の光信号品質監視装置において、上記掃引手段は、広帯域な雑音光を発生する光源と、監視信号源と、上記光源に接続されて上記監視信号源と同期した波長掃引信号から発生するステップ状の信号で掃引される波長掃引フィルタと、この波長掃引フィルタで切り取られた上記光源からの雑音光を上記監視信号源により変調する変調器と、この変調器の出力を主信号の波長を横切るときに遮断する光シャッタとを備えたことを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項11】 請求項10に記載の光信号品質監視装置において、上記波長掃引フィルタは、主信号光の波長多重間隔の中央になるように周期的な透過ピークが設定されたファブリペロエタロンと、狭帯域で急峻な透過特性を有するチューナブルフィルタとを縦続接続してなることを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項12】 請求項1ないし11のいずれかに記載の光信号品質監視装置において、上記監視信号光は、同期デジタルハイアラキの信号フォーマットを有し、上記誤り検出手段は、光信号の品質監視をセクションオーバーヘッドのビットインターリーブパリティによる誤り検出で行うことを特徴とする光信号品質監視装置。

【請求項13】 請求項1ないし11のいずれかに記載の光信号品質監視装置において、上記監視信号光は、誤り訂正符号を有し、上記誤り検出手段は、光信号の品質監視を誤り訂正符号の復号時の誤り検出で行うことを特徴とする光信号品質監視装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光通信システム、特に光波ネットワークの品質を監視する光信号品質監視装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光通信システムにおいて、光信号の品質監視はネットワーク運営上、きわめて重要である。光増幅中継伝送システムにおいては、光増幅器の劣化による光SNR (Signal-to-Noise Ratio) 劣化が光信号品質を劣化させる要因になっており、これを高精度に監視する要求が高まってきている。また、波長多重システムでは、複数の波長チャネルが相互に干渉し合うため、より精密な光信号品質の監視が求められる。さらに、将来の光波ネットワークに至っては、複数のOptical Network Element (ONE) がトランスペアレントなネットワークを構成するため、仮に一つのONEが光雑音を発生すると、ネットワーク全体の光伝送路品質を劣化させることにつながるため、高度な品質監視が不可欠となる。

【0003】図15は光通信システムとして4つのON

Eで構成される光波ネットワークを示す概念的なブロック図である。図15において、90は光ファイバケーブル、91ないし94はOptical Network Element (以下、ONEと称す)を示し、これらONEは、光分岐挿入多重装置 (Optical Add-Drop Multiplexer) や、光クロスコネクト装置 (Optical Cross-connect)、光伝送端局 (Optical Line Terminal) 等からなる。95は主信号送信装置 (LINE OS)、96は主信号受信装置 (LINE OR)、97は主信号、98は監視信号光送信装置、99は上記監視信号光送信装置98と共に光信号品質監視装置を構成する監視信号光受信装置、100は監視信号光送信装置98から送信され監視信号光受信装置99で受信される監視信号光 (Optical Supervisory Channel) を表す。

【0004】今、図15において、例えばONE92に光部品の損失増加や光増幅器の故障などの障害が生じた場合を想定する。監視信号光100がONE92を通過したとき、障害によって品質劣化を受ける。これを受信した監視信号光受信装置99が、その品質劣化を知り、内蔵するネットワークマネジメントシステム (NMS) を介して全ONEに障害を通知する。

【0005】ところで、従来の監視信号光100は、同期デジタルハイアラキー (Synchronous Digital Hierarchy: SDH) のセクションオーバーヘッド (Section Over Head: SOH) に設けられたビットインターリーブパリティ (Bit Interleaved Parity: BIP, 以下、BIPと称す) バイトを用いて構成されていた。BIPバイトは、B1バイト (BIP-8) もしくはB2バイト (BIPN $\times$ 24) から構成され、中継器相互間、中継器と伝送端局装置間、あるいは伝送端局装置相互間の符号誤りをカウントするものである。詳細な内容は、例えば藤目他、“SDHにおける誤り率劣化の検出法”電子情報通信学会春季全国大会、B-762、1990年に詳しく述べられている。

【0006】BIPバイトを用いて伝送路品質を監視する従来の監視信号光受信装置99の内部構成を図16に示す。図16において、101は光ファイバ、102はフォトダイオード (Photo Diode: PD、以下、PDと称す)、103はプリアンプ、104はポストアンプ、105は等化フィルタ、106はクロック抽出回路、107は識別器、108は直並列変換回路、109はフレーム同期回路、110はデスクランブラ回路、111はBIP誤り検出回路、112は信号劣化 (Signal Degradation: SD) アラーム、113はセクションオーバーヘッド (Section Over Head: SOH) 終端回路、114はシステム警報転送バイト (APSバイト) である。

【0007】従来の監視信号光受信装置99の動作を説明する。光ファイバ101から入力された光信号は、PD102で光電変換された後、プリアンプ103およびポストアンプ104で増幅される。増幅された受信信号

は、等化フィルタ105で帯域制限および波形整形される。通常、等化フィルタ105は4次ベッセルトムソンフィルタが用いられる。等化された信号は2分岐され、一方は、クロック抽出回路106に入力されてクロック信号が抽出される。他方は、識別器107に入力され、前記抽出クロック信号で識別再生される。

【0008】識別器107により識別再生された信号は、直並列変換回路108で通常8並列信号に展開され、フレーム同期回路109を経て、デスクランブル回路110でデスクランブルされる。その後、BIP誤り検出回路111で分離したBIPバイトから誤りが検出される。検出した誤りがあらかじめ設定した閾値を越えた場合はSDアラーム112が発出される。また、異なるONE間の監視信号のやりとりをするAPSバイト114がSOH終端回路113から抽出される。

【0009】今、主信号を例えばSTM-16 (2.48832 Gbit/s) とする。このとき、PD102、プリアンプ103、ポストアンプ104、識別器107、直並列変換回路108は2 GHz以上の帯域を持つ高速半導体で構成される。一方、等化フィルタ105は通常ビットレートの0.7倍程度、すなわち、1.7 GHzの帯域に設定される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の光信号品質監視装置において、特に監視信号光受信装置99において、ビットレートが高速になるほど、図16に示す回路を構成することが容易ではなくなる。特に、クロック抽出回路106、識別器107、直並列変換回路108には、高速半導体集積回路技術が要求され、高コスト化と消費電力の増大が伴う。また、フレーム同期回路109、デスクランブル回路110、BIP誤り検出回路111は回路規模が増大し、回路実装のための容積が大きくなり、装置全体の大型化を招く。

【0011】この発明は、上述したような課題を解決するためになされたもので、回路規模の増大、高コスト化、消費電力の増大を招くことなく、簡便であって、効率的かつ高精度に光信号の品質を監視することができる光信号品質監視装置を提供するものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、この発明に係る光信号品質監視装置は、光通信システム上を伝送する主信号光を受信する主信号光受信手段に対し、当該光通信システムの伝送路品質を監視するための監視信号光を送信する監視信号光送信手段と、上記光通信システムを介して伝送された上記監視信号光を受信して上記伝送路の品質を監視する監視信号光受信手段とを備えた光信号品質監視装置において、上記監視信号光のビットレートを上記主信号光のビットレートよりも低くすると共に、上記監視信号光受信手段として、上記光通信システムを介して伝送される信号を受信しその受

信信号から監視信号光を識別再生するための受信識別手段と、上記主信号光受信手段の電気帯域幅より狭い電気帯域幅を有し、上記受信識別手段により識別再生される監視信号光に基づいて誤り検出する誤り検出手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0013】また、上記受信識別手段は、上記主信号光受信手段の電気帯域幅とほぼ同じ電気帯域幅を有することを特徴とするものである。

【0014】また、上記受信識別手段は、上記主信号光受信手段の電気帯域幅より広い電気帯域幅を有することを特徴とするものである。

【0015】また、上記受信識別手段は、監視信号光を識別する識別閾値が最適閾値からずらして設定されることを特徴とするものである。

【0016】また、上記監視信号光受信手段と並列に、監視信号光のビットレートと同等かそれ以下の電気帯域幅を有する他の監視信号光受信手段を備えたことを特徴とするものである。

【0017】また、上記光通信システムは、異なる波長の複数の主信号光を増幅する光増幅器を多段中継してなる波長多重システムであって、上記監視信号光受信手段は、受信端に上記波長多重システムにおける光増幅器の利得に応じて通過帯域が設定されるバンドパスフィルタを備えたことを特徴とするものである。

【0018】また、上記バンドパスフィルタは、その通過帯域が上記波長多重システムにおける光増幅器の利得最低波長に設定されることを特徴とするものである。

【0019】また、上記バンドパスフィルタは、その通過帯域が上記波長多重システムにおける光増幅器の利得ピーク波長に設定されることを特徴とするものである。

【0020】また、上記監視信号光送信手段に、上記監視信号光の波長を、隣り合う主信号光の波長の間を離散的に掃引する掃引手段を備えたことを特徴とするものである。

【0021】また、上記掃引手段は、広帯域な雑音光を発生する光源と、監視信号源と、上記光源に接続されて上記監視信号源と同期した波長掃引信号から発生するステップ状の信号で掃引される波長掃引フィルタと、この波長掃引フィルタで切り取られた上記光源からの雑音光を上記監視信号源により変調する変調器と、この変調器の出力を主信号の波長を横切るときに遮断する光シャッタとを備えたことを特徴とするものである。

【0022】また、上記波長掃引フィルタは、主信号光の波長多重間隔の中央になるように周期的な透過ピークが設定されたファブリペロエタロンと、狭帯域で急峻な透過特性を有するチューナブルフィルタとを縦続接続してなることを特徴とするものである。

【0023】また、上記監視信号光は、同期デジタルハイアラキーの信号フォーマットを有し、上記誤り検出手段は、光信号の品質監視をセクションオーバーヘッドの

ビットインターリーブパリティによる誤り検出で行うことを特徴とするものである。

【0024】さらに、上記監視信号光は、誤り訂正符号を有し、上記誤り検出手段は、光信号の品質監視を誤り訂正符号の復号時の誤り検出で行うことを特徴とするものである。

【0025】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は図15に示す光通信システムとしての光波ネットワークにおける監視信号光受信装置99に相当し、図16に示す従来例の構成に対応する、この発明の実施の形態1に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置を示す構成ブロック図である。本実施の形態を適用する光通信システムの主信号はSTM-16 (2.48832 Gbit/s) であるとする。また、光通信システムの伝送路品質、換言すれば主信号であるSTM-16の品質を、主信号と異なる監視信号光で監視するものとし、監視信号光としてSTM-1 (155.52 Mbit/s) 信号を用いる。

【0026】図1において、101ないし105および107は、図16に示す従来の監視信号光受信装置99の内部構成と同様なものであり、ここではSTM-16信号を扱う帯域 (3 GHz程度) を有する回路である。新たな符号として、1はSTM-1クロックに相当する155.52 MHzのクロック抽出回路、2はSTM-1信号を8つの並列信号 (19 Mbit/s) に変換する直並列変換回路、3は19 Mbit/s フレーム同期回路、4は19 Mbit/s 信号のデスクランブル回路、5はSTM-1のBIP誤り検出回路、6はBIP誤り検出回路5から発せられるSDアラーム、7はSTM-1のSOH終端回路、8はAPSバイトである。

【0027】図1に示す構成では、PD102ないし識別器107が例えば図15に示す光通信システムを介して伝送される信号を光ファイバ101を介して受信し、その受信信号から監視信号光を識別再生するための受信識別手段を構成するのに対し、クロック抽出回路1ないしSOH終端回路7が識別再生された監視信号光に基づいて誤り検出する誤り検出手段を構成し、光通信システムの伝送路品質、つまり主信号であるSTM-16の品質を監視するようになされている。

【0028】ここで、PD102ないし識別器107を有する受信識別手段は、図15に示す主信号光受信装置95の電気帯域幅とほぼ同じ電気帯域幅を有すると共に、クロック抽出回路1ないしSOH終端回路7を有する誤り検出手段は、図15に示す主信号光受信装置95の電気帯域幅より狭い電気帯域幅を有するように構成されている。

【0029】次に、図1に示す実施の形態1に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置の動作を説明する。図1において、STM-1信号で構成した監視信号

光をSTM-16相当の帯域(3GHz程度)を有するPD102、プリアンプ103、ポストアンプ104で受信した後、STM-16の0.7倍、すなわち帯域1.7GHzの等化フィルタ105で帯域制限した後、

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(Q\sqrt{2}) = \frac{1}{Q\sqrt{2}\pi} \exp\left(-\frac{Q^2}{2}\right) \quad (1)$$

【0031】信号電力の平均値と分散を $\mu_1^2$ 、 $\sigma_1^2$ としたとき、 $Q = (\mu_1 - \mu_0) / (\sigma_1 + \sigma_0)$ と表される(添字の1、0はマーク、スペース)。特に、受信装置が光プリアンプとPDで構成される場合、式(2)、

$$\mu_1 - \mu_0 = s(P_1 - P_0) \quad (2)$$

$$\sigma_1 + \sigma_0 = \sqrt{4s^2 P_1 P_{ASE} B_c + 4s^2 P_{ASE}^2 B_0 B_c + I_{th}^2 B_c} \\ + \sqrt{4s^2 P_0 P_{ASE} B_c + 4s^2 P_{ASE}^2 B_0 B_c + I_{th}^2 B_c} \quad (3)$$

【0033】ただし、 $s$ はPD感度、 $P_1$ はPD入射光パワー、 $P_{ASE}$ はPD入射自然放光パワー、 $I_{th}$ は入力換算雑音電流密度、 $B_0$ は受信光帯域幅、 $B_c$ は受信電気帯域幅(等化フィルタ帯域幅)を表す。式(2)と(3)から明らかなように、 $Q$ は $1/\sqrt{B_c}$ に比例する。このことは、符号誤り率が信号ビットレートに依存するのでなく受信電気帯域幅によって決まることを意味する。すなわち、監視信号光がSTM-1であって異なっている、受信電気帯域幅が同じであれば、その符号誤り率特性は主信号であるSTM-16と同じである。クロック抽出回路1、直並列変換回路2、フレーム同期回路3、BIP誤り検出回路5、SOH終端回路7をSTM-16用として構成すれば、高コスト、消費電力の増大、大型化が免れないが、この実施の形態によれば、これら構成要素をSTM-1用の簡便で小型、低消費電力の回路が使用できる。

【0034】なお、図1では、主信号がSTM-16、監視信号がSTM-1とした場合の例について説明したが、この発明の効果はそれに限らない。特に、主信号がより高いビットレート(例えばSTM-64)になるほど、BIPバイトの抽出のための回路を構成することが難しく(より高速な半導体デバイスが必要とし、コスト、消費電力、実装容積が増大する)なるため、この発明の有用性が増す。

【0035】実施の形態2、図2は図1に示す構成におけるBIP誤り検出回路5のBIPによる誤り検出にかかる時間(SD発出の所要時間)を計算したものである。今、SD発出閾値を $10^{-6}$ 、保護段数=3の場合について考える。STM-16そのもののB2バイトを検出する場合、図2の中央の曲線が示すとおり、 $10^{-6}$ の検出にかかる時間は6msとなる。一方、STM-1のB2バイトをSTM-16相当の受信帯域で観測する場合、図2の上の曲線が示すとおり98msかかる。

【0036】BIP誤り検出回路5によるSD発出の所

要時間を短くするには、受信電気帯域幅を更に広げる方法が有効である。例えばSD発出閾値を $10^{-9}$ とする場合を考える。STM-1のB2バイトをSTM-16相当の受信帯域で検出するのに78秒かかる。図3にSTM-32相当(3.7GHz)の受信帯域でみた誤り率に対するSTM-16およびSTM-1の誤り率を示す。図3に示すように、受信帯域がSTM-32相当の場合の $10^{-5}$ が、STM-16の $10^{-9}$ に相当するため、78秒かかっていた検出時間を10msに短縮できる。

【0030】

【数1】

(3)が成り立つ。

【0032】

【数2】

要時間を短くするには、受信電気帯域幅を更に広げる方法が有効である。例えばSD発出閾値を $10^{-9}$ とする場合を考える。STM-1のB2バイトをSTM-16相当の受信帯域で検出するのに78秒かかる。図3にSTM-32相当(3.7GHz)の受信帯域でみた誤り率に対するSTM-16およびSTM-1の誤り率を示す。図3に示すように、受信帯域がSTM-32相当の場合の $10^{-5}$ が、STM-16の $10^{-9}$ に相当するため、78秒かかっていた検出時間を10msに短縮できる。

【0037】すなわち、実施の形態1では、図1に示す監視信号光受信装置において、PD102ないし識別器107を有する受信識別手段について、図15に示す主信号光受信装置95の電気帯域幅とはほぼ同じ電気帯域幅を有するようにしたが、この実施の形態2によれば、上記受信識別手段について、上記主信号光受信装置95の電気帯域幅より広い電気帯域幅を有するようにすることで、より短時間にSDアラームを発出することができ、なお、実施の形態1及び2共に、クロック抽出回路1ないしSOH終端回路7を有する誤り検出手段は、図15に示す主信号光受信装置95の電気帯域幅より狭い電気帯域幅を有するように構成されている。

【0038】実施の形態3、上述した実施の形態2では、受信識別手段の電気帯域幅を主信号光受信装置95の電気帯域幅より広くしてSD発出の所要時間を短くする方法について述べたが、図1に示す構成において、受信識別手段の構成要素としての識別器107の識別閾値を最適値からずらすことによっても発出時間を短くすることができる。

【0039】図4はこの発明の実施の形態3に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置を示す構成ブロック図である。図4において、図1に示す実施の形態1と同一符号は同一部分を示し、その説明は省略する。図1に示す実施の形態1の構成と異なる点は、識別器107

の最適閾値と異なる閾値電圧30を与える点である。

【0040】通常、識別器107の最適閾値は、マークをスペースと誤る確率と、スペースをマークと誤る確率が等しくなるように設定される。熱雑音が主要因の受信装置では、マークとスペースの分散が等しいため、最適閾値はマークとスペースの平均値のちょうど真中であるが、光増幅器を含むシステム、特に光プリアンプ受信器では、図5に示すように、信号-自然放出光ビート雑音

$$\text{BER} = \frac{1}{4} \left[ \text{erfc}\left(\frac{\mu_1 - D}{\sigma_1 \sqrt{2}}\right) + \text{erfc}\left(\frac{D - \mu_1}{\sigma_0 \sqrt{2}}\right) \right] \quad (4)$$

【0042】実施の形態4。次に、図6はこの発明の実施の形態4に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置を示す構成ブロック図である。本実施の形態4においても、監視信号光はSTM-1信号を用いるものとする。一方、図6において、101ないし103および105、107は図16に示す従来例で示した回路と同一のものであり、STM-16信号を扱う帯域を有する回路である。また、1および3ないし8も図1に示す実施の形態1で示した回路と同一のものであり、STM-1信号を扱う帯域を有する回路である。新たな符号として、20はSTM-16の帯域を有するポストアンプであるが、2つの出力を持つ。21はSTM-1のビットレートの0.7倍、すなわち帯域0.1GHzの等化フィルタである。22はSTM-1信号帯域を有する識別器、23は2と同じくSTM-1信号の直並列変換回路、24、25はそれぞれ19Mbit/sのフレーム同期回路3、デスクランブル回路4と同等の回路である。

【0043】次に、図6に示す実施の形態4に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置の動作を説明する。図6に示す構成が図1と異なる点は、帯域0.1GHzの等化フィルタ21からSOH終端回路7までの回路が図1の回路に並列に接続されたことである。図1では帯域1.7GHzの等化フィルタを通過したSTM-1信号からクロック信号を抽出したが、ここでは、帯域0.1GHzの本来帯域のSTM-1信号からクロックを抽出する。正確に他のONEにAPSバイトを転送する必要があるため、SOHの終端は誤りなく行うことが望ましい。ここでは、等化フィルタ21で本来の狭い帯域に制限したSTM-1信号から識別再生するため、低い誤り率でAPSバイトを再生することができる。

【0044】一方、BIP誤り検出回路5が示す符号誤り率特性は、図1と同じくSTM-16受信器のそれと全く同じでありながら、扱うべき信号はSTM-1であるためBIPの誤りカウントを行うための回路が、小型、低消費電力、低コストで構成できる。つまり、SDアラーム発出は主信号(STM-16)と同等でありながら、SOHの終端は誤りなく行えるものである。

【0045】図7は監視すべき主信号(STM-16)

が支配的になるため、マーク側の分散の方が大きくなり、最適閾値はスペース側に近くなる。このときでも、閾値をマークとスペースの平均値のちょうど真中に設定すれば、符号誤り率特性がフロアを生ずるようになり、設定した誤り率に達するのが早くなる。与える閾値電圧をDとしたときの誤り率は(4)式で与えられる。

【0041】

【数3】

のQ値を横軸に、受信等化帯域幅をパラメータにしたときの誤り率を計算したものである。STM-16で誤りが発生し始める領域でも、STM-1では十分低い誤り率が保たれることが分かる。

【0046】すなわち、上記実施の形態4によれば、監視信号光受信手段と並列に、監視信号光のビットレートと同等かそれ以下の電気帯域幅を有する他の監視信号光受信手段を備えることで、低い誤り率でAPSバイトを再生することができ、一方、BIP誤り検出回路が示す符号誤り率特性は、主信号光のそれと全く同じでありながら、扱うべき信号は低ビットレートであるため、BIPの誤りカウントを行うための回路が小型、低消費電力、低コストで構成できる。

【0047】実施の形態5。次に、図8はこの発明の実施の形態5に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置を示す構成ブロック図である。図8において、図1に示す実施の形態1と同一部分は同一符号を付して、その説明は省略する。新たな符号として、9は受信端に設けたバンドパスフィルタを示し、その通過帯域は異なる波長の複数の主信号光を増幅する光増幅器を多段中継してなる波長多重システムにおける光増幅器の利得に応じて後述するようにして設定される。

【0048】すなわち、図9の(a)は、波長多重信号の光スペクトルを示したものである。通常、光増幅器(エルビウムドープファイバ増幅器)を多段中継するときは、受信端で光SNRが概略等しくなるように各波長のパワーが設定される。また、図9の(b)は、光信号品質の劣化により光SNRが劣化した時の波長多重信号の光スペクトルを示したものである。光SNRの劣化は光増幅器の利得が小さい端の波長が最も顕著となる。従って、監視信号光の波長を利得最低波長に設定(図9の場合、λ1もしくはλ8)しておけば、他の波長に比べて最も早く光信号品質が劣化するため、いち早くSDアラームを発出することができ、これにより、波長多重システムにおいて予防保全的な監視が可能となる。

【0049】実施の形態6。上述した実施の形態5では、図8に示すバンドパスフィルタ9の通過帯域を波長多重システムにおける光増幅器の利得最低波長に設定したが、この実施の形態6では、上記バンドパスフィルタ



9の通過帯域を波長多重システムにおける光増幅器の利得ピーク波長に設定する。

【0050】すなわち、図9において、監視信号光波長を利得ピーク波長に設定（図9の場合、 $\lambda_5$ ）しておけば、光信号品質の劣化が他の波長に比べて一番遅くなるため、他の波長の回線が徐々に誤りを発生し始める中で最後にSDアラームを発出させることができる。波長多重システムのレストレーションをSDアラームで行うというような、ネットワークの切断に係わる重要な判断の場合、誤ってSDを発出するのを防ぐのに有効である。

【0051】実施の形態7、図9で説明したように、光増幅中継を行う波長多重システムにおいては、波長によって光SNRが異なるため、一つの監視信号光で離れた波長の異なる光SNRの主信号光の品質の監視するには精度が十分でない。図10に光SNRの差と符号誤り率の関係を計算した結果を示す。図10に示すように、符号誤り率を±1桁以内で検出するには光SNRの差が±0.5dB以内である必要がある。図11は監視信号光の波長を掃引する本実施の形態7を説明するものである。すなわち、本実施の形態7では、図11において、監視信号光の波長を、多重された主信号光の波長の間をぬうように飛び飛びに掃引するようにする。

【0052】図12は監視信号光の波長を隣り合う主信号光の波長の間を離散的に掃引する掃引回路を示すブロック図であり、この掃引回路は、図15に示す監視信号光送信装置98に備えられる。図12において、70はASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源、71は波長選択フィルタ、74は波長掃引信号、75は監視信号源、76は外部変調器、77は光シャッタ、78は光ファイバである。

【0053】上記構成に係る動作について説明する。ASE光源70は、例えばエルビウムドープ光ファイバ増幅器を無入力としたものであり、広帯域な雑音光 (ASE光) を発生する。監視信号源75と同期した波長掃引信号74から発生するステップ状の信号で波長選択フィルタ71を掃引する。波長選択フィルタ71は、例えばファブリペロエタロン72とチューナブルフィルタ73を縦続接続することで構成できる。

【0054】この場合の波長透過特性を図13に示す。ファブリペロエタロン72は、図13の(a)に示すような主信号光の波長多重間隔のちょうど中央になるように周期的な透過ピークが設定される。次に、図13の(b)に透過特性を示すチューナブルフィルタ73を通過させることで、総合透過特性は、図13の(c)のようになる。チューナブルフィルタ73は、誘電体多層膜の傾きを変えることで容易に実現できる。ただし、狭帯域で急峻な透過特性を得ることが難しいため、ファブリペロエタロン72と縦続接続する構成とした。上記波長選択フィルタ71を介して切り取られたASE光は、外部変調器76で監視信号源75により変調される。波長

掃引時に、主信号の波長を横切るときに光シャッタ77が出力を遮断する。

【0055】これにより、監視対象の主信号光の近傍の波長での監視が可能となるため、主信号光と監視信号光の光SNRの差が小さくなり、より高精度の監視が行えるようになる。

【0056】実施の形態8、以上の実施の形態1ないし7において、誤り検出手段は、すべて同期デジタルハイアラキ (Synchronous Digital Hierarchy) のセクションオーバーヘッド (Section Overhead) に設けられたBIP (Bit Interleaved Parity) バイトを用いて符号誤りを検出するものであったが、これ以外に誤り訂正符号 (Forward Error Correction: FEC) の誤り検出機能を用いても同様の効果が発揮できる。

【0057】図14はFECを用いる場合の実施の形態8に係る監視信号光受信装置の構成を示したものである。図14において、80はフレーム同期回路、81はFEC復号化回路、82は誤り検出回路、83は検出された誤り、84はオーバーヘッド抽出回路、85はシステム警報転送バイトであり、クロック抽出回路1、直並列変換回路2、フレーム同期回路80、FEC復号化回路81、誤り検出回路82、オーバーヘッド抽出回路84により、誤り訂正符号の復号時の誤り検出を行う誤り検出手段を構成する。

【0058】次に、上記構成に係る動作を説明する。監視信号光は、例えば良く知られているリードソロモン符号RS (255, 239) によって構成する。ビットレートは主信号よりも十分低く設定する。一方、図14に示す回路のPD102から識別器107までは図1に示すものと同様であり、主信号と同じ広い帯域で監視信号光を受信するものとする。FEC復号化回路81を通じて誤り検出回路82で発生した誤りがカウントできる。一方、オーバーヘッドは誤り訂正されているので、高い品質が得られる。一般的に、RS (255, 239) を用いた場合、誤り率 $10^{-9}$ において符号化利得が得られる。このようにすれば、本来の目的である誤りを検出しつつ、絶対誤ってはいけないシステム警報バイトは誤り訂正により高い品質が得られる。

【0059】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、光通信システム上を伝送する主信号光を受信する主信号光受信手段に対し、当該光通信システムの伝送路品質を監視するための監視信号光を送信する監視信号光送信手段と、上記光通信システムを介して伝送された上記監視信号光を受信して上記伝送路の品質を監視する監視信号光受信手段とを備えた光信号品質監視装置において、上記監視信号光のビットレートを上記主信号光のビットレートよりも低くすると共に、上記監視信号光受信手段として、上記光通信システムを介して伝送される信号を受信しその受信信号から監視信号光を識別再生するための受



信識別手段と、上記主信号光受信手段の電気帯域幅より狭い電気帯域幅を有し、上記受信識別手段により識別再生される監視信号光に基づいて誤り検出する誤り検出手段とを備えることで、回路規模の増大、高コスト化、消費電力の増大を招くことなく、簡便であって、効率的かつ高精度に光信号の品質を監視することができる光信号品質監視装置を得ることができる。

【0060】また、上記受信識別手段の電気帯域幅を、上記主信号光受信手段の電気帯域幅とほぼ同じ電気帯域幅にすることで、監視信号光は低ビットレートであっても、その符号誤り率特性は高ビットレートの主信号と同じであり、従って、簡便で小型、低消費電力の回路が使用できる。

【0061】また、上記受信識別手段の電気帯域幅を、上記主信号光受信手段の電気帯域幅より広い電気帯域幅とすることで、より短時間にSDアラームを発出することができる。

【0062】また、上記受信識別手段の監視信号光を識別する識別閾値を最適閾値からずらして設定することで、より短時間にSDアラームを発出することができる。

【0063】また、上記監視信号光受信手段と並列に、監視信号光のビットレートと同等かそれ以下の電気帯域幅を有する他の監視信号光受信手段を備えることで、低い誤り率でAPSバイトを再生することができ、符号誤り率特性は、主信号のそれと全く同じでありながら、扱うべき信号は低ビットレートであるため、BIPの誤りカウントを行うための回路が、小型、低消費電力、低コストで構成できる。

【0064】また、上記光通信システムは、異なる波長の複数の主信号光を増幅する光増幅器を多段中継してなる波長多重システムであって、上記監視信号光受信手段は、受信端に上記波長多重システムにおける光増幅器の利得に応じて通過帯域が設定されるバンドパスフィルタを備えたことで、波長多重システムにおいて予防保全的な監視が可能となる。

【0065】また、上記バンドパスフィルタは、その通過帯域が上記波長多重システムにおける光増幅器の利得最低波長に設定されることで、他の波長に比べて最も早く光信号品質が劣化するため、いち早くSDアラームを発出することが可能となる。

【0066】また、上記バンドパスフィルタは、その通過帯域が上記波長多重システムにおける光増幅器の利得ピーク波長に設定されることで、光信号品質の劣化が他の波長に比べて一番遅くなるため、他の波長の回線が次々に誤りを発生し始める中で最後にSDアラームを発出させることができる。すなわち、波長多重システムのレストレーションをSDアラームをを行うというような、ネットワークの切断に係わる重要な判断の場合、誤ってSDを発出するのを防ぐのに有効である。

【0067】また、上記監視信号光送信手段に、上記監視信号光の波長を、隣り合う主信号光の波長の間を離散的に掃引する掃引手段を備えたことで、監視対象の主信号光の近傍の波長での監視が可能となるため、主信号光と監視信号光の光SNRの差が小さくなり、より高精度の監視が行えるようになる。

【0068】また、上記掃引手段は、広帯域な雑音光を発生する光源と、監視信号源と、上記光源に接続されて上記監視信号源と同期した波長掃引信号から発生するステップ状の信号で掃引される波長掃引フィルタと、この波長掃引フィルタで切り取られた上記光源からの雑音光を上記監視信号源により変調する変調器と、この変調器の出力を主信号の波長を横切るときに遮断する光シャッタとを備えたことで、監視対象の主信号光の近傍の波長での監視が可能となり、より高精度の監視が行える回路を構成できる。

【0069】また、上記波長掃引フィルタは、主信号光の波長多重間隔の中央になるように周期的な透過ピークが設定されたファブリペロエタロンと、狭帯域で急峻な透過特性を有するチューナブルフィルタとを縦続接続してなることで、優れた波長選択性の波長選択フィルタを構成することが可能となる。

【0070】また、上記監視信号光は、同期デジタルハイアラークの信号フォーマットを有し、上記誤り検出手段は、光信号の品質監視をセクションオーバーヘッドのビットインターリーブパリティによる誤り検出で行うことで、効率的かつ正確に信号品質を監視することができる。

【0071】さらに、上記監視信号光は、誤り訂正符号を有し、上記誤り検出手段は、光信号の品質監視を誤り訂正符号の復号時の誤り検出で行うこと効率的かつ正確に信号品質を監視することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置の基本構成を示すブロック図である。

【図2】 この発明の実施の形態2に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置を説明するもので、SDアラーム発出にかかる時間を計算した説明図である。

【図3】 この発明の実施の形態2に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置を説明するもので、STM-32相当の受信帯域の誤り率とSTM-16、およびSTM-1の誤り率の関係を示す説明図である。

【図4】 この発明の実施の形態3に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置の構成を示すブロック図である。

【図5】 この発明の実施の形態3に係る監視光受信装置における監視光の識別閾値の設定を説明する図である。

【図6】 この発明の実施の形態4に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置の構成を示すブロック図である。

視装置の監視信号光受信装置の基本構成を示すブロック図である。

【図7】 この発明の実施の形態4の動作を補足説明する計算結果の説明図である。

【図8】 この発明の実施の形態5に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置の基本構成を示すブロック図である。

【図9】 この発明の実施の形態5及び6の説明に供する光スペクトルを示す説明図である。

【図10】 この発明の実施の形態7に係る問題点を説明する計算結果の説明図である。

【図11】 この発明の実施の形態7の説明に供する光スペクトルを示す説明図である。

【図12】 この発明の実施の形態7に係る光信号品質監視装置の監視光送信装置を示すブロック図である。

【図13】 この発明の実施の形態7に係る波長選択フィルタの動作を説明する特性図である。

【図14】 この発明の実施の形態8に係る光信号品質監視装置の監視信号光受信装置の構成を示すブロック図である。

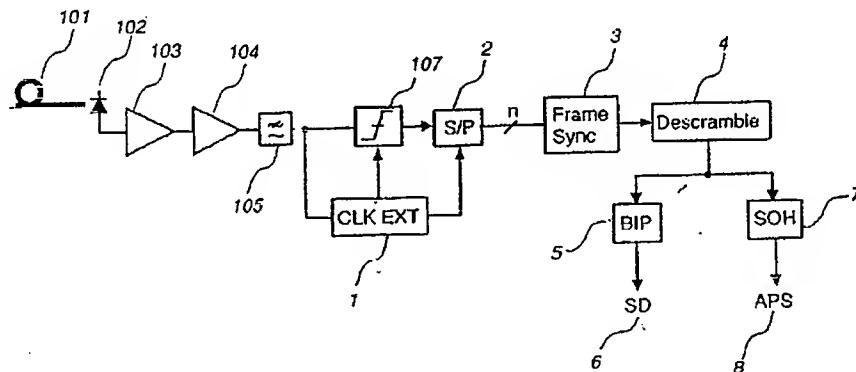
【図15】 光波ネットワークを示す概念図である。

【図16】 従来例による光信号品質監視装置の監視信号光受信装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

1 クロック抽出回路、2 直並列変換回路、3、25 フレーム同期回路、4 デスクランブル回路、5 BIP誤り検出回路、7 SOH終端回路、9 バンドパスフィルタ、20 2つの出力を持つポストアンプ、21 等化フィルタ、22 識別器、23、24 直並列変換回路、30 識別器107の最適閾値と異なる閾値電圧、70 ASE光源、71 波長選択フィルタ、72 ファブリペロエタロン、73 チューナブルフィルタ、75 監視信号源、76 外部変調器、77 光シャッタ、78 光ファイバ、80 フレーム同期回路、81 FEC復号化回路、82 誤り検出回路、84 オーバヘッド抽出回路、95 主信号送信装置、96 主信号受信装置、98 監視信号光送信装置、99 監視信号光受信装置、102 フォトダイオード、103 プリアンプ、104 ポストアンプ、105 等化フィルタ、107 識別器。

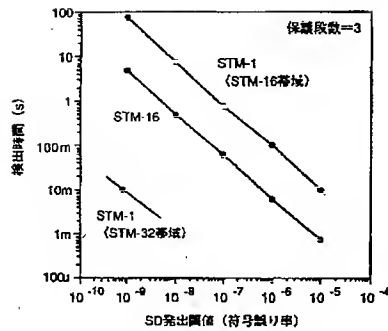
【図1】



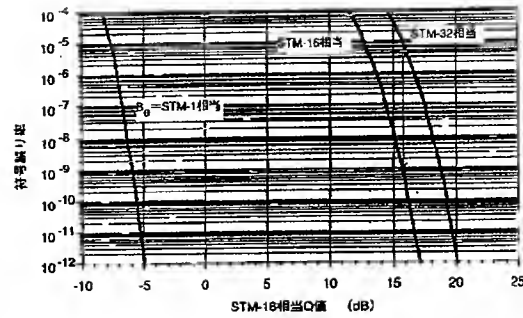
1 : クロック抽出回路  
2 : 直並列変換回路  
3 : フレーム同期回路  
4 : デスクランブル回路  
5 : BIP誤り検出回路  
7 : SOH終端回路

102 : フォトダイオード  
103 : プリアンプ  
104 : ポストアンプ  
105 : 等化フィルタ  
107 : 識別器

【図2】



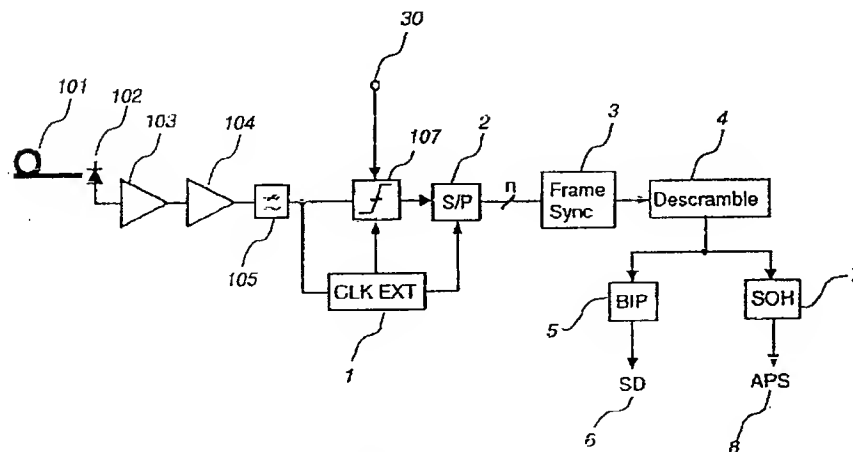
【図7】



【図3】

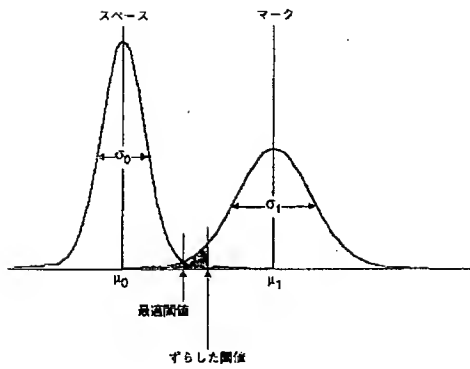
STM-16 相当Q値 (dB)	監視フレーム数	誤り数／フレーム	STM-32相当受信帯域での誤り率	STM-16に換算した誤り率	STM-1に換算した誤り
15.6	26×3	5	$1 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-10}$	$8 \times 10^{-169}$
16.6	260×3	5	$1 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-12}$	$3 \times 10^{-180}$
17.3	2,081×3	4	$1 \times 10^{-7}$	$9 \times 10^{-14}$	$5 \times 10^{-190}$
18.0	20,808×3	4	$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-15}$	$1 \times 10^{-198}$
18.6	208,074×3	4	$1 \times 10^{-9}$	$1 \times 10^{-17}$	$4 \times 10^{-206}$

【図4】

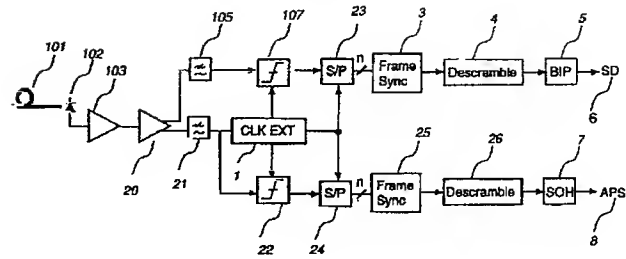


30 : 閾値電圧

【図5】

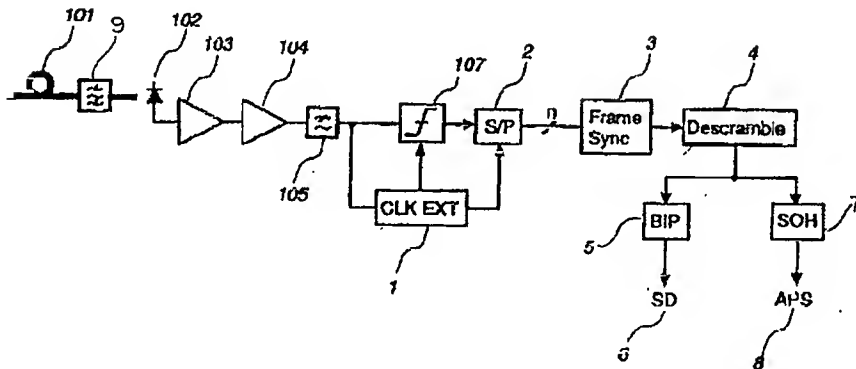


【図6】



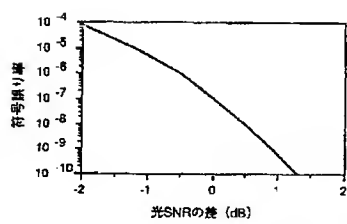
- 20: 2つの出力を持つポストアンプ  
 21: 帯化フィルタ  
 22: 鑑別器  
 23, 24: 直並列変換回路

【図8】

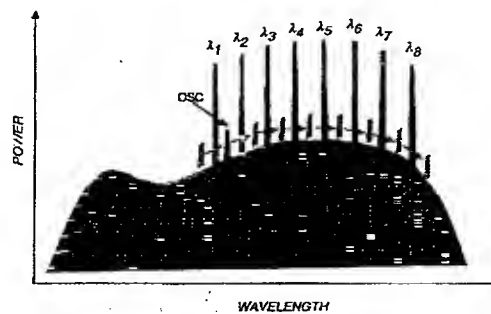


9: バンドパスフィルタ

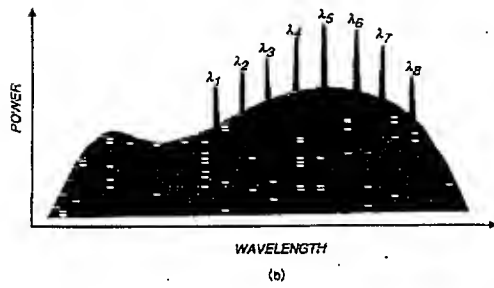
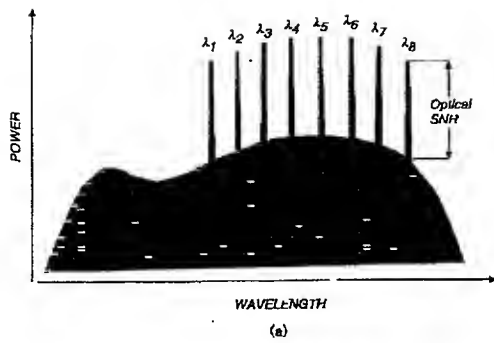
【図10】



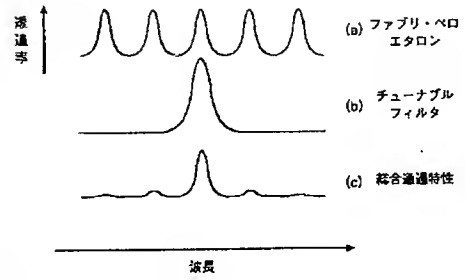
【図11】



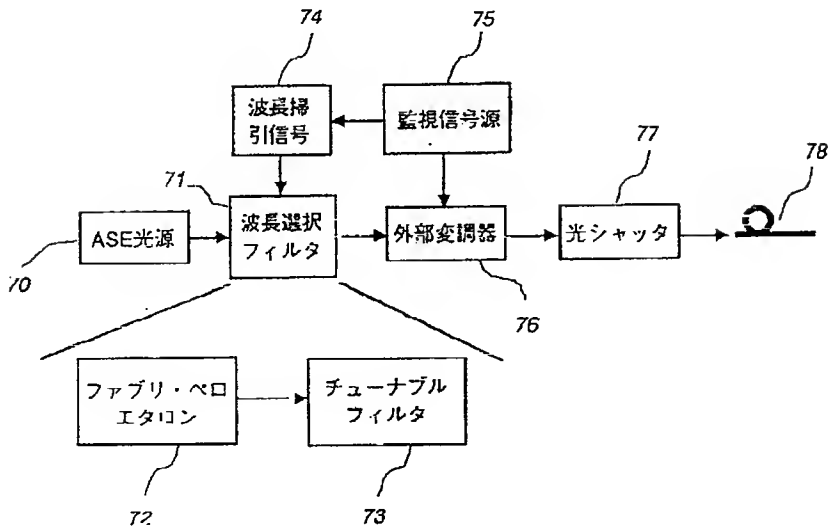
【図9】



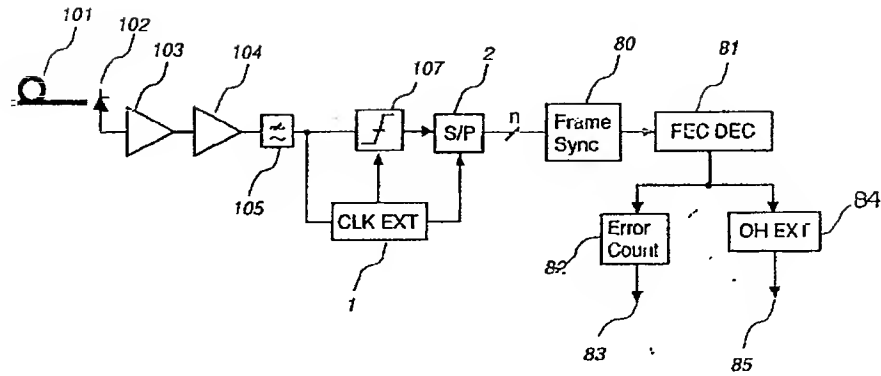
【図13】



【図12】

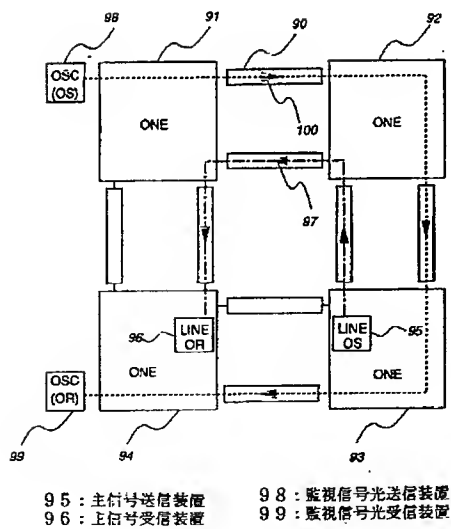


【図14】



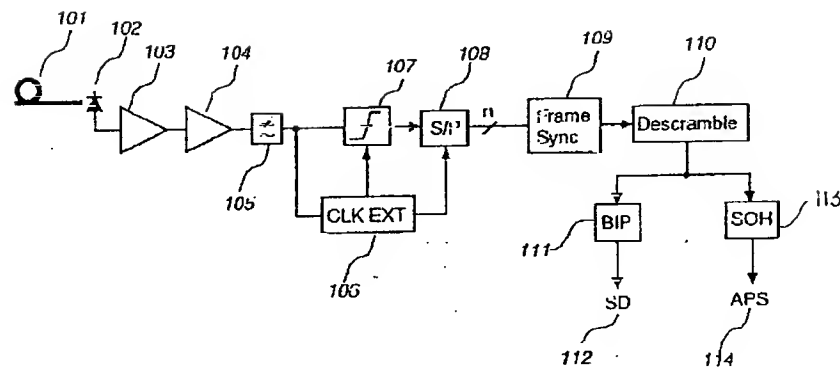
80 : フレーム同期回路  
81 : F E C 復号化回路  
82 : 誤り検出回路  
84 : オーバヘッド抽出回路

【図15】



95 : 主信号送信装置  
96 : 主信号受信装置  
98 : 監視信号光送信装置  
99 : 監視信号光受信装置

【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 尾崎 陽二郎  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 上村 有朋  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 一番ヶ瀬 広  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 松下 究  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 北山 忠善  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72)発明者 山本 周  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72)発明者 宮崎 哲弥  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72)発明者 梶島 隆富  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72)発明者 小林 直樹  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K002 AA01 AA03 BA02 BA06 CA05  
DA02 DA05 DA11 EA06